

VŠB – Technická universita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

**Návrh náhrady čidla snímání otáček
spalovacího motoru**

Design of Substitution a Engine Speed Senzor

Student: Martin Hrabina
Vedoucí bakalářské práce: Ing.Jaromír Široký, Ph.D.

Šumperk 2009

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HRABINA, M. Návrh náhrady čidla snímání otáček spalovacího motoru. Ostrava: Institut dopravy, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 41 s. Bakalářská práce, vedoucí: Široký, J.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout alternativu za stávající snímač otáček IS 03, pro dieselový spalovací motor Tedom, používaný k pohonu železničních vozů Regionova. V první části práce jsem popsal způsob řízení a regulace dodávky paliva vznětového motoru. V následující části jsem se věnoval samotnému řízení chodu motoru a způsobu snímání otáček motoru. V poslední části práce jsem zjišťoval možnosti trhu ohledně náhrady původního snímače otáček. Provedl analýzu možností záměny snímačů a s vybraným snímačem otáček uskutečnil měření v reálném provozu, včetně zhodnocení.

ANOTATION OF THESIS

HRABINA, M. Design of Substitution a Engine Speed Sensor. Ostrava: Institute of Transport, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 41 s. Thesis head: Široký, J.

The aim of this thesis is to project an alternation for the current speed sensor IS 03 for the Tedom oil engine, which is used as a driving mechanism in the Regionova railway carriage.

In the first part I have described a way how to control and regulate a fuel supply to a compression ignition engine. In the next part I have devoted the engine controls and a way how to scan engine revolutions. In the last part I have determined a possibility of a market to find a substitution of the original speed sensor. I analyzed an opportunity of replacing sensors afterwards with the chosen speed sensor I have made the survey in the real operation together with an evaluation.

Seznam použitého značení	4
Úvod	5
1 Charakteristika spalovacího motoru Tedom a způsob jeho řízení	6
1.1 <i>Popis a technické parametry</i>	6
1.2 <i>Řízení dodávky paliva.....</i>	8
1.2.1 <i>Regulace průběhu vstřiku paliva</i>	9
1.2.2 <i>Mechanická regulace řadových vstřikovacích čerpadel</i>	10
1.2.3 <i>Využití elektroniky při regulaci dodávky paliva</i>	14
2 Popis současného stavu snímání otáček.....	15
2.1 <i>Systémy řízení motorového vozu.....</i>	15
2.2 <i>Snímání otáček motoru</i>	17
3 Analýza možností záměny čidla	21
3.1 <i>Požadavky na snímač otáček</i>	21
3.2 <i>Průzkum trhu</i>	25
3.3 <i>Možnosti náhrady čidla snímání otáček</i>	29
4 Výběr čidla a návrh jeho zástavby do spalovacího prostoru.....	32
5 Provozně technické hodnocení návrhu	35
6 Závěr	39
Seznam použité literatury	40

Seznam použitého značení

ARR.....	automatický režim řízení
HÚ.....	horní úvrat'
Hz.....	Hertz (jednotka frekvence)
I.....	elektrický proud
IP.....	označení konstrukčního opatření
M.....	metrický závit
Nm.....	Newton metr (jednotka momentu)
OHV.....	over head valve (druh ventilového rozvodu)
Pj.....	jmenovitý výkon
ŘJ.....	řídící jednotka
U.....	elektrické napětí
V.....	volt (jednotka elektrického napětí)
°C.....	stupeň Celsia (jednotka teploty)
atd.....	a tak dále
d.....	rozměrový průměr součásti
dm ³	decimer krychlový (jednotka objemu)
f.....	frekvence
kHz.....	kilohertz (jednotka frekvence)
kPa.....	kilopascal (jednotka tlaku)
kW.....	kilowatt (jednotka výkonu)
mA.....	miliampér (jednotka elektrického proudu)
mm.....	milimetr (jednotka délky)
m.s ⁻¹	metr za sekundu (jednotka obvodové rychlosti)
min. ⁻¹	otáčky za minutu (jednotka cyklů za minutu)
n.....	otáčky
s ⁻¹	otáčky za sekundu (jednotka cyklů za sekundu)
t.....	čas
tj.....	to jest
z.....	počet zubů věnce setrvačníku
%.....	procenta

Úvod

Hnací vozidla železniční dopravy se podle zdroje energie pro pohon rozdělují na vozidla závislé a nezávislé vozby.

U vozidel závislé vozby je nutná nepřetržitá dodávka elektrické energie do jedoucího vozu a to nejčastěji prostřednictvím trolejového vedení.

Vozy nezávislé vozby nevyžadují trvalý přívod energie, neboť mají zdroj energie uložený přímo ve vozidle. Jsou to vozy poháněné spalovacím motorem, elektrickými akumulátory a vozidla poháněná turbínou. U nezávislé trakce se v dnešní době nejvíce využívá vozidel poháněných spalovacím motorem.

Spalovací motory lokomotiv či motorových vozů jsou svým principem shodné s motory nákladních automobilů. Některé lokomotivy a především motorové vozy jsou osazeny přímo automobilovým motorem. Dnes se používají výhradně vznětové motory, doba zážehových agregátů odezněla ještě v první polovině 20. století. Oproti benzinovým motorům mají naftové motory vyšší účinnost, která se pohybuje od 30 do 42 %, zatímco benzinové motory dosahují účinnosti pouze 20 až 33 %. Také nižší spotřeba paliva mluví ve prospěch naftových agregátů. Zápory vznětových motorů jako je vyšší hmotnost vyplývající z konstrukční složitosti, nutné žhavení nebo klepavý zvuk jsou u železničních vozidel snáze akceptovatelná nežli u automobilů. Proto se dá říct, že dieselový motor je pro použití v kolejové dopravě ideální. Vznětový spalovací motor využívá ke svému pohonu také železniční motorový vůz Regionova.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout náhradu za stávající snímač otáček IS 03 pro vznětový spalovací motor Tedom, používaný u již zmíněného železničního motorového vozu. Jelikož firma Wikov MGI a.s. Hronov zabývající se výrobou tohoto snímače uvažuje o ukončení jeho výroby.

1 Charakteristika spalovacího motoru Tedom a způsob jeho řízení

1.1 Popis a technické parametry

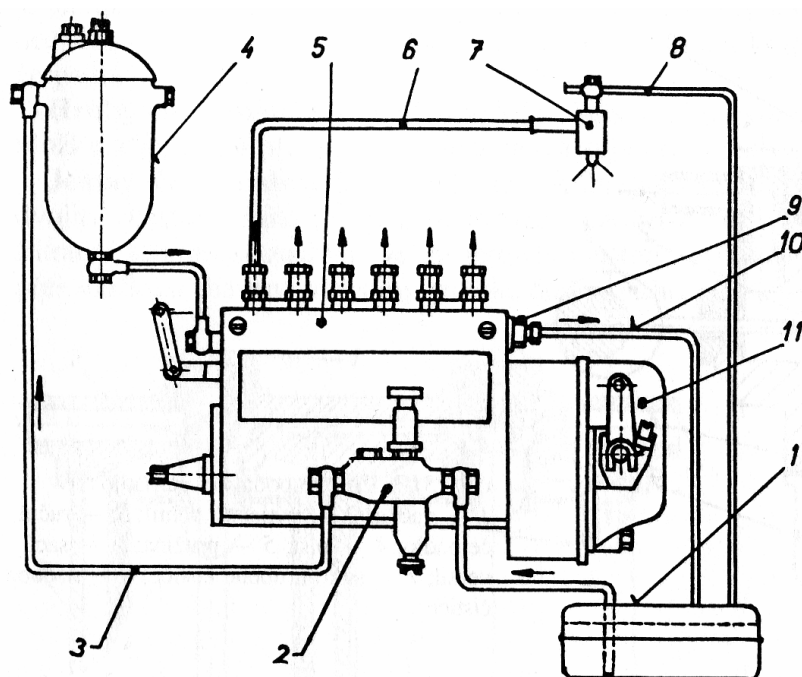
Hnací agregát motorového vozu Regionova 814 - 914 je tvořen dieselovým motorem Tedom (dříve Liaz), typ motoru TD 242 RH TA25 se čtyřstupňovou hydromechanickou převodovkou Voith DIWA 864.3E a upravenou nápravovou převodovkou NKR 16. Motor pohání kloubovým hřídelem také pomocné pohony (kompresor, alternátory a kompresor klimatizace), umístěné na samostatném odpruženém rámu.

Jedná se o řadový, vodou chlazený, turbodmychadlem přepřňovaný šestiválec s přímým vstřikem paliva o zdvihovém objemu $11,946 \text{ dm}^3$ a jmenovitém výkonu $P_j = 242 \text{ kW}$, což je největší užitečný výkon odeberatelný na vnějších koncích klikového hřídele (setrvačník, hnací řemenice) při nejvyšších provozních otáčkách 1950 min^{-1} . Rozsah otáček motoru je $650 - 2200 \text{ min}^{-1}$, přičemž 2200 min^{-1} jsou maximální přeběhové otáčky. Maximální točivý moment činí 1630 Nm při 1300 min^{-1} .

Motor je uložen v horizontálním provedení. Hlava válců motoru je dělená, což znamená, že jedna hlava je společná pro dva válce. Rozvod motoru, jehož účelem je řídit plnění válců vzduchem a ovládat odvod spalín je OHV (*over head valve*) s vysutými ventily, které jsou umístěny v hlavě válce v jedné řadě a jsou poháněny přes vahadla, rozvodové tyčky a zdvihátka ventilů od vačkového hřídele, který je uložen v klikové skříni. Každý válec má dva ventily, sací, který ovládá plnění válce vzduchem a výfukový jehož prostřednictvím odchází spalinový plyn z válců systémem výfukového potrubí přes oxidační katalyzátor a filtr částic ven. Nasávaný vzduch je hnán turbodmychadlem. Jeho úkolem je dopravit do válců více vzduchu oproti běžnému sání a tím umožnit vyšší dávku paliva, což vede k vyššímu výkonu při snížení spotřeby paliva a škodlivin ve výfukových plynech. Zahřátý plnicí vzduch je ochlazován v mezichladiči plnicího vzduchu. Tlak a teplota vzduchu vstupujícího do válců ovlivňují výkon motoru a proto musí splňovat stanovené hodnoty teploty a tlaku.

Teplota plnicího vzduchu za mezichladičem může dosáhnout při P_j maximálně 50°C a tlakové ztráty od výstupu z kompresoru turbodmychadla po vstup do hlav válců maximálně 15 kPa. Mazání motoru je tlakové prostřednictvím zubového čerpadla umístěného v olejové vaně. Předepsaný provozní tlak oleje při otáčkách 1400 – 1950 min⁻¹ musí být minimálně 360 kPa.

Dodávku paliva zajišťuje vstřikovací čerpadlo, které je připojeno na motor pomocí speciální spojky a nastaveno na předepsaný statický předvstřík 10° před horní úvratí (HÚ). Na vstřikovacím čerpadle je namontováno pístové podávací čerpadlo s hrubým čističem paliva, na jehož sání je připojeno palivové potrubí zástavby. Sací výška čerpadla ode dna palivové nádrže nesmí překročit 1200 mm, aby byla zaručena požadovaná schopnost pumpy dopravit palivo do vstřikovacího čerpadla.[1]



Palivová soustava vznětového motoru

1 – palivová nádrž; 2 – podávací čerpadlo s hrubým čističem paliva; 3 – palivové potrubí; 4 – jemný čistič paliva; 5 – vstřikovací zařízení; 6 – vysokotlaké potrubí; 7 – vstřikovač; 8 – odpadní potrubí; 9 – přepouštěcí ventil; 10 – odpadní potrubí; 11 – regulátor

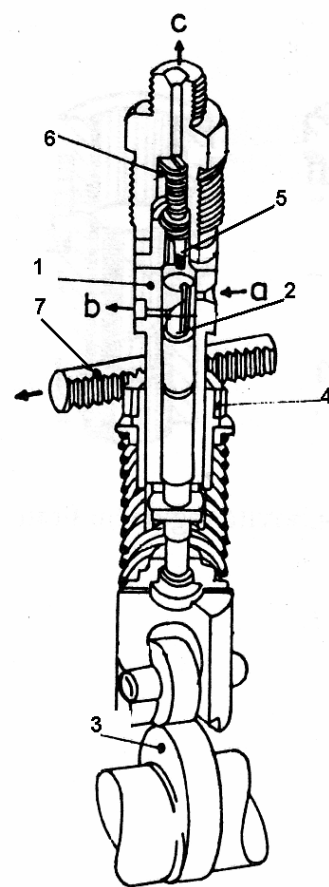
Obrázek 1. Palivová soustava vznětového motoru [3]

1.2 Řízení dodávky paliva

Úkolem vstřikovacího čerpadla je v krátkém časovém intervalu několika setin sekundy a při vysokém tlaku dodat každému válci velmi malé, přesně odměřené množství paliva.

Ze vstřikovacího čerpadla je dopravováno požadované množství paliva vysokotlakým potrubím do vstřikovačů, které palivo s požadovaným tlakem jemně rozpráší ve spalovacím prostoru, kde dojde k mísení se vzduchem. Přebytečné palivo, které prolnulo kolem vstřikovací jehly vstřikovače se vrací odpadním potrubím zpět do nádrže. K čím lepšímu promísení paliva se vzduchem dojde, tím dokonalejší spalování směsi se docílí.

U motorů Tedom jsou použita řadová vstřikovací čerpadla. Základními částmi řadového vstřikovacího čerpadla je vstřikovací jednotka, která se skládá z válce (1) a pístu (2), regulátor a vačkový hřídel. Do válce vstřikovací jednotky vstupuje palivo. Přesně odměřené množství paliva vytlačí píst výtláčným ventilem (5) do vysokotlakého potrubí k vstřikovači a tryskou do válce motoru. Množství vytlačeného paliva se reguluje ozubenou regulační tyčí (7), která natáčí ozubený prsten regulační objímky (4), a tím i píst vstřikovacího čerpadla. Regulační tyč je uložena v horní části vstřikovacího čerpadla a je ovládána prostřednictvím ovládací páky obsluhou vozidla a regulátorem. Zdvih pístku vstřikovací jednotky provádí vačkový hřídel čerpadla (3). Jeho pohyb je odvozen od klikového hřídele motoru v převodu 1:2 (do pomala). Píst vstřikovací jednotky se pohybuje konstantním zdvihem směrem ke své horní úvrati. Pak je tlačěn do dolní úvrati silou protipružiny (6), která na něj působí.[2,3]



Obrázek 2. Vstřikovací jednotka[2]

1.2.1 Regulace průběhu vstřiku paliva

Mezi začátkem dodávky paliva z čerpadla a začátkem jeho vstřiku do válce uplyne konstantní čas, závislý na délce vstřikovacího potrubí a na rychlosti šíření tlaku v motorové naftě. Začátek spalování se posunuje vůči začátku dodávky paliva o tento časový úsek, a také o dobu potřebnou ke vznícení nafty.

Celá časová prodleva ale nezávisí na otáčkách motoru. S růstem otáček se zvyšuje úhel, o který se otočí kliková hřídel mezi začátkem dodávky paliva a začátkem spalování. K spalování dojde při poloze pístu, která je blíže horní úvratí. U motorů s velkým rozsahem provozních otáček to vede ke zhoršení průběhu spalování, zejména při vyšších otáčkách. Spalování neproběhne s přívodem tepla při stálém tlaku. Proto je vstřikovací čerpadlo vybaveno přesuvníkem vstřiku. Přesuvník vstřiku mění v závislosti na otáčkách motoru úhel natočení mezi klikovou hřídelí motoru a vačkovou hřídelí vstřikovacího čerpadla. Nastavení počátku vstřiku se mění také s rostoucí dodávkou paliva, protože se prodlužuje doba vznícení.

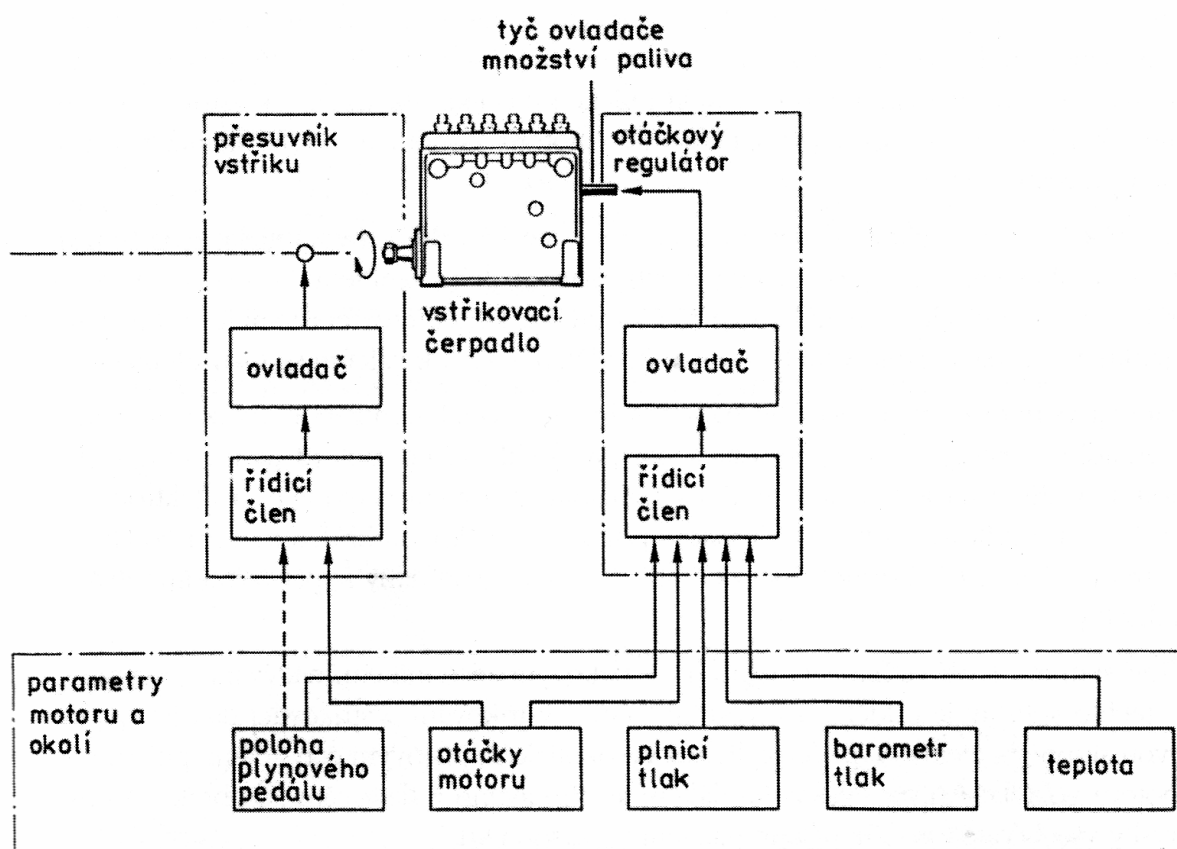
U řadových vstřikovacích čerpadel neexistuje žádná pevná poloha regulační tyče, při které by si vznětový motor udržel své otáčky bez pomoci regulátoru. Při chodu motoru bez zatížení by otáčky bez regulátoru klesly až do zastavení motoru nebo naopak stoupaly k maximálním otáčkám. Druhý případ je způsoben tím, že u vznětového motoru, pracujícího s velkým přebytkem vzduchu, nenastává žádný citelný pokles plnění válců se zvyšujícími se otáčkami motoru (žádné škrcení průtoku vzduchu, popř. zápalné směsi, typické pro zážehové motory).

Je-li studený motor uveden do provozu a běží-li dále s odpovídající dodávkou paliva, dochází po určité době ke snížení vlastních třecích ztrát motoru, stejně tak jako ke snížení výkonu potřebného pro pohon alternátoru, vzduchového kompresoru, vstřikovacího čerpadla atd.

Pokud nedojde k posuvu regulační tyče pomocí regulátoru, otáčky motoru budou neustále stoupat, až dosáhnou takové velikosti, že dojde ke zničení motoru. Proto je žádoucí, aby vstřikovací čerpadlo vznětového motoru bylo opatřeno regulátorem otáček. Tyto

vstřikovací čerpadla využívají jak mechanické odstředivé regulace, tak i elektronické regulace dodávky paliva a s tím také otáček motoru [2,3].

1.2.2 Mechanická regulace řadových vstřikovacích čerpadel



Obrázek 3. Blokové schéma mechanické regulace vstřikovacích čerpadel [2]

Hlavním úkolem každého regulátoru je omezit maximální otáčky motoru. Podle druhu regulace patří mezi jeho další úkoly, udržení stálých volnoběžných otáček, případně stálých otáček v určitém nebo celém otáčkovém rozmezí mezi volnoběžnými a maximálními otáčkami. Podle požadovaných vlastností motoru rozlišujeme následující druhy.

Omezovací regulace

Jejímiž úkolem je udržovat stálé volnoběžné otáčky a nedovolit překročení maximálních otáček. Při dosažení maximálně přípustných otáček posune regulátor tyč ovládání množství paliva na menší dodávku a zamezí dalšímu zvyšování nad přípustnou mez. Mezi volnoběžnými a maximálními otáčkami regulátor nepracuje a otáčky i výkon motoru jsou závislé jen na poloze ovládací páky popřípadě plynového pedálu.

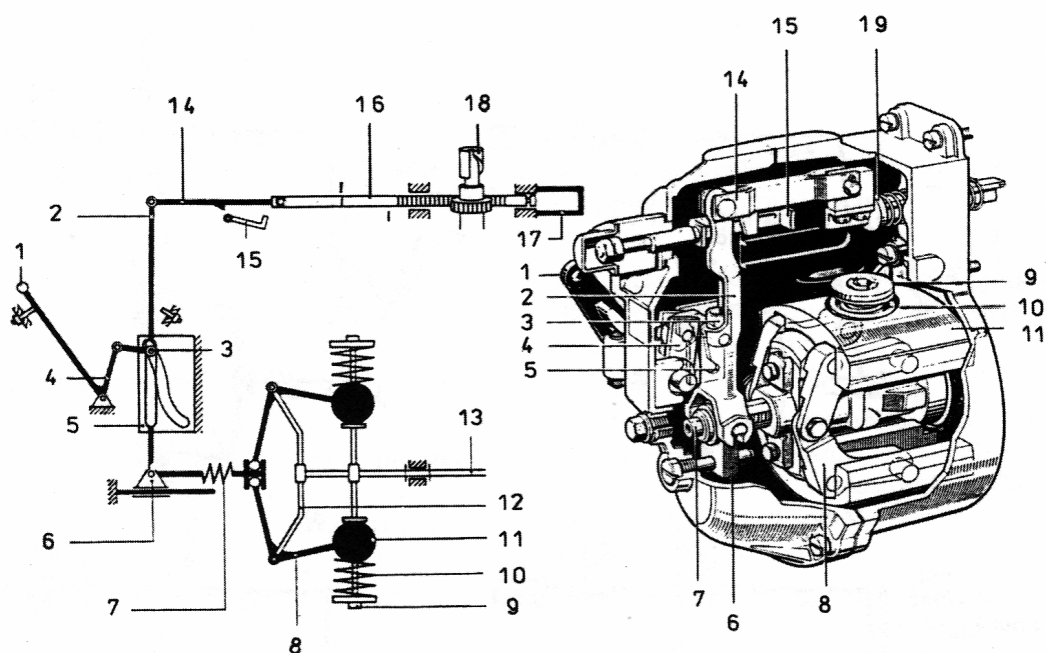
Výkonnostní regulace

Reguluje obsluhou zvolené otáčky motoru v celém jeho rozmezí provozních otáček. Každé poloze ovládacího prvku odpovídá určitý rozsah otáček v kterém regulátor samočinně přizpůsobuje výkon motoru okamžitému zatížení. Dojde-li při určitých otáčkách motoru k jeho odlehčení, otáčky se začnou zvyšovat a regulátor přestaví ovládací tyč množství paliva na menší dodávku. Tím se výkon motoru začne snižovat a zabrání se dalšímu stoupání otáček. V opačném případě kdy dojde k zatížení motoru, bude regulace reagovat opačně a posune táhlo ovládání dodávky paliva na větší dodávku.

Motory Tedom používají řadových vstřikovacích čerpadel Bosch s výkonnostním „kulisovým“ regulátorem a s přetlakovým korektorem.

U odstředivého výkonnostního regulátoru je použito dvojice setrvačnickových závažíček (11) v nichž jsou vsazeny dvě sady regulačních pružin (10). Z nichž vnější pružina je v činnosti při volnoběhu, při překonání její síly přicházejí do funkce i vnitřní pružiny maximálních otáček. Stavěcí maticí (9) nad vnějším pružinovým talířem nastavujeme volnoběžné otáčky regulace. Hlava regulátoru (12) je poháněna od vačkového hřídele čerpadla (13).

Síla vnitřních pružin regulace maximálních otáček je překonávána i v rozmezí mezi volnoběhem a omezením nejvyšších otáček motoru. Otáčky, při kterých začne omezovací regulace pracovat, se mění podle polohy ovládací páky regulátoru (1) spojené s ovládacím zařízením obsluhy popřípadě s plynovým pedálem.



Výkonnostní setrvačnickový regulátor s pružinami vsazenými v závažkách (typ RQV firmy Bosch). Vlevo funkční schéma regulace při stojícím motoru, vpravo provedení regulátoru a jeho stavěcí prvky: 1 - ovládací páka; 2 - regulační páka; 3 - kulisový kámen; 4 - kolenová páka; 5 - křivková deska; 6 - kluzátko; 7 - přesuvný svorník s vlečnou pružinou; 8 - lomená páka; 9 - stavěcí matice; 10 - regulační pružina; 11 - závažíčko; 12 - hlava regulátoru; 13 - vačková hřídel čerpadla; 14 - vidlice přesuvníku; 15 - automatický doraz maximálního zatížení; 16 - tyč ovladače množství paliva; 17 - doraz startovací dávky; 18 - píst čerpadla; 19 - talíř vratné pružiny

Obrázek 4. Odstředivý regulátor vstřikovacího čerpadla [2]

Přenos chodu ovládací páky (1) prostřednictvím regulační páky (2) na tyč ovladače množství paliva (16) probíhá přes kolenovou páku (4) a kulisový kámen (3). Kulisový kámen na němž je bod otáčení regulační páky (2), se pohybuje v kulisovém vedení i ve vodící dráze křivkové desky (5) připevněné na krytu regulátoru.

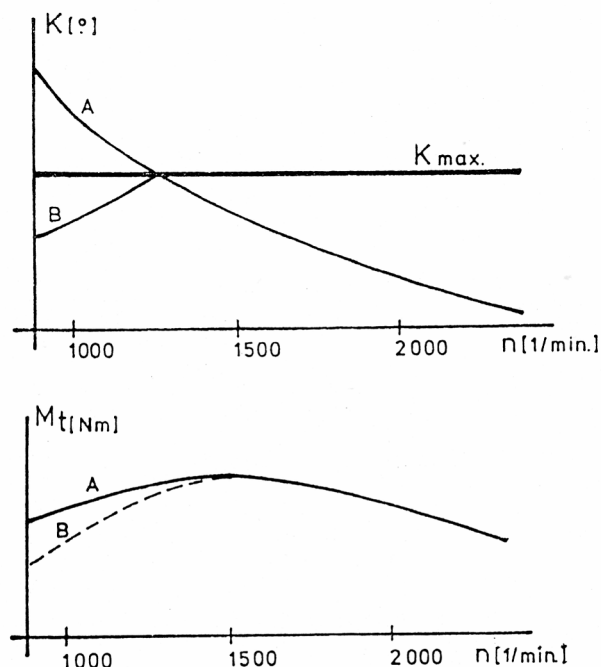
Posuvem bodu otáčení v kulisovém vedení se mění převodový poměr regulační páky (2) a tím i otáčky motoru, od nichž začíná omezovací regulace působit. Pohybem kulisového kamene ve vodící dráze křivkové desky (5) se mění působení regulátoru v různých režimech chodu motoru. Z toho důvodu se regulační páka pohybuje jedním nebo opačným směrem podle toho, v kterém místě vodící dráhy se kulisový kámen nachází.

Podle polohy ovládací páky se regulační páka přesouvá vlivem setrvačné síly závažíček ve směru přerušení dodávky paliva, nebo naopak k maximální dodávce.[2,3]

Přetlakový korektor pro vstřikovací zařízení motoru Tedom

Přetlakový korektor řízený plnicím tlakem vzduchu z turbodmychadla slouží k automatické regulaci tlakové charakteristiky vstřikovaného množství paliva, která v závislosti na množství dodávaného vzduchu zaručuje dodržení kouření motoru v dovolených mezích zejména v oblasti nižších otáček motoru.

Přetlakový korektor zajišťuje v nižších otáčkách motoru, kdy turbodmychadlo dodává výrazně nižší tlak plnicího vzduchu, pokles dodávky paliva. Při prudkém zatížení motoru je přetlakový korektor bez funkce, teprve když vzroste energie výfukových plynů a tlak plnicího vzduchu natolik, že začne fungovat přetlakový korektor, dojde k přidávání paliva. Tím se zabrání silnému kouření motoru při náhlém zatížení. [4]



M_t — točivý moment
 K — kouřivost
 $K_{max.}$ — hranice houřivosti (stanovená předpisem EHK 24)
 n — otáčky motoru
 A — bez přetlakového korektoru
 B — s přetlakovým korektorem

Obrázek 5. Vliv přetlakového korektoru na kouřivost motoru[4]

1.2.3 Využití elektroniky při regulaci dodávky paliva

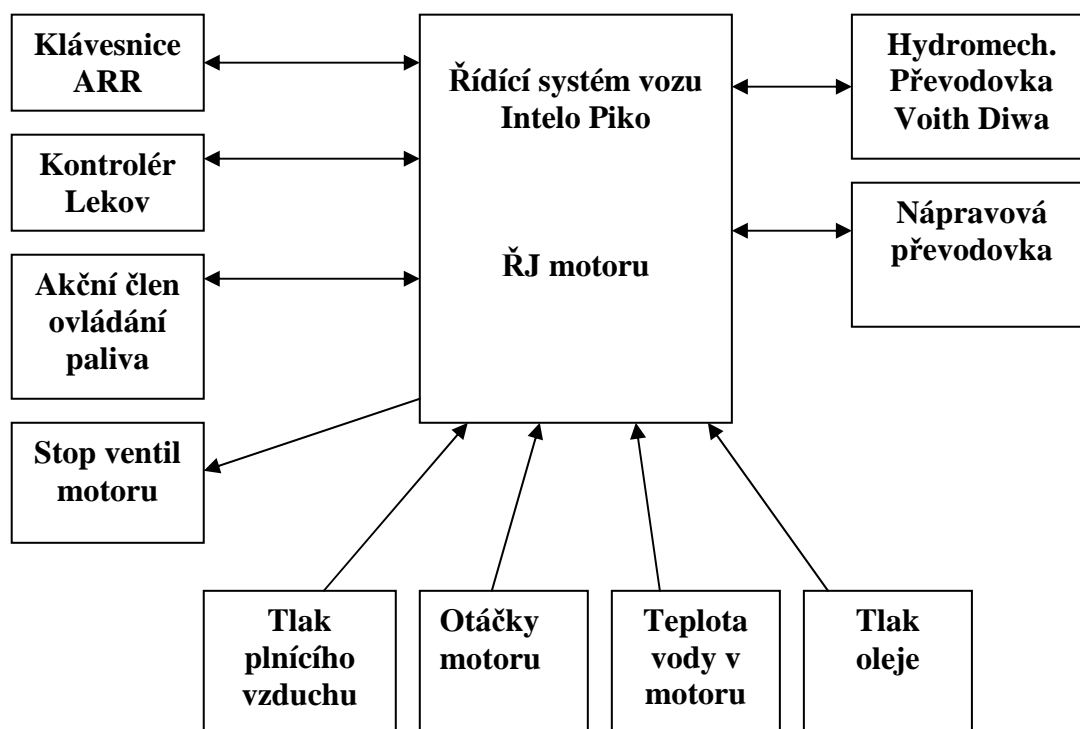
Zavedení elektroniky při regulaci dodávky paliva zaznamenalo významné zlepšení chodu motorů, zvýšení jejich samotné životnosti, snížení spotřeby, emisí škodlivin a hlučnosti.

Ve využití samotné elektroniky při regulaci chodu vznětových motorů je více možností. V nejjednodušší formě jsou mechanické regulátory rozšířeny elektrickými doplňky. Což je i způsob řízení chodu motoru Tedom u motorového železničního vozu Regionova, kde mechanická regulace dodávky paliva je doplněna akčním členem, který dle požadavků řídicí jednotky motoru natačí ovládací páku vstřikovacího čerpadla. [2]

2 Popis současného stavu snímání otáček

2.1 Systémy řízení motorového vozu

Optimální výkon dieselového spalovacího motoru Tedom TD 242 RH TA 25 zabezpečuje řídicí systém Intelo dodávaný společností Lokel s.r.o. Ostrava. Řídicí systém koordinuje činnost motoru s hydromechanickou planetovou převodovkou Voith Diwa 864.3E a nápravovou převodovkou NKR 16. Samotné řízení motorové jednotky si lze zvolit v manuálním nebo plně automatickém režimu ARR. [5,6]



Obrázek 6. Schéma regulace motorového vozu

Manuální režim řízení vozu

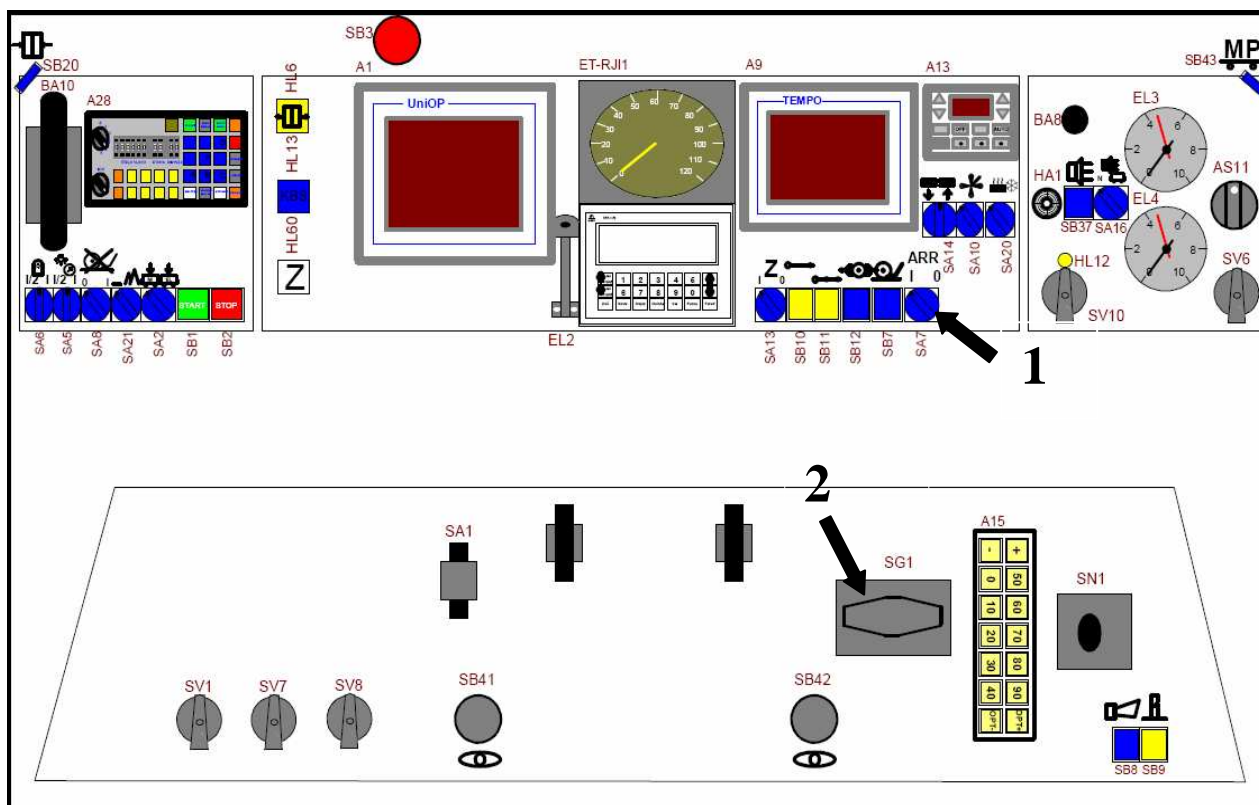
V manuálním režimu řídí strojvedoucí vůz ovládáním sdružené jízdní páky – kontroléru Lekov 1 KRD 31, kterým volí hodnotu poměrného tahu (v %). Poměrný tah zadáný kontrolérem je elektronicky převeden na velikost vychýlení páky regulátoru vstřikovacího čerpadla. Pokud dojde k přesunutí páky kontroléru do polohy brzdění při jízdě vozidla, tj. při kladném poměrném tahu, poměrný tah sjede na nulu a vozidlo jede výběhem. Brzdění je ovládáno hydrodynamickou a samočinnou tlakovou brzdou.

Poměrný tah je zadáný tah vozidla v poměru k okamžité maximální hodnotě tahu vozidla. Poměrný tah se mění mezi 0 – 100 % a tím se nastavují otáčky spalovacího motoru mezi volnoběhem a maximálními otáčkami.

Automatický režim řízení ARR

Automatická regulace je řízena systémem ARR. Pomocí klávesnice na pultu strojvedoucího zadáme požadovanou rychlost, kterou chceme po rozjezdu docílit. Na klávesnici jsou tlačítka nejčastěji používaných rychlostí. Regulátor ARR udržuje vozidlo na žádané rychlosti ovládáním samočinné brzdy a to přibrzděním a odbrzděním vozidla. Při jízdě je možno tlačítka na klávesnici měnit žádanou rychlost vozidla a regulátor reaguje buď jízdou nebo brzděním. Spoluprací řídicích jednotek motoru a převodovky bylo docíleno, že v případě vyslání signálu řídicí jednotkou převodovky na zařazení vyššího převodového stupně, řídicí systém sníží hodnotu poměrného tahu a tím i otáčky motoru po dobu řazení a po zařazení se hodnoty poměrného tahu vrátí na původní hodnotu.

Systém regulace přenosu výkonu je vybaven tzv. protiskluzovou ochranou. Kdy při rozdílu otáček hnací a hnané nápravy je vyhodnocen skluz hnací nápravy, což znamená že hnací náprava překročila mez adheze. Řídicí jednotka zasáhne do regulace spalovacího motoru snížením dodávky paliva a obnoví tak adhezní valení hnacího dvojkolí. [5,7]

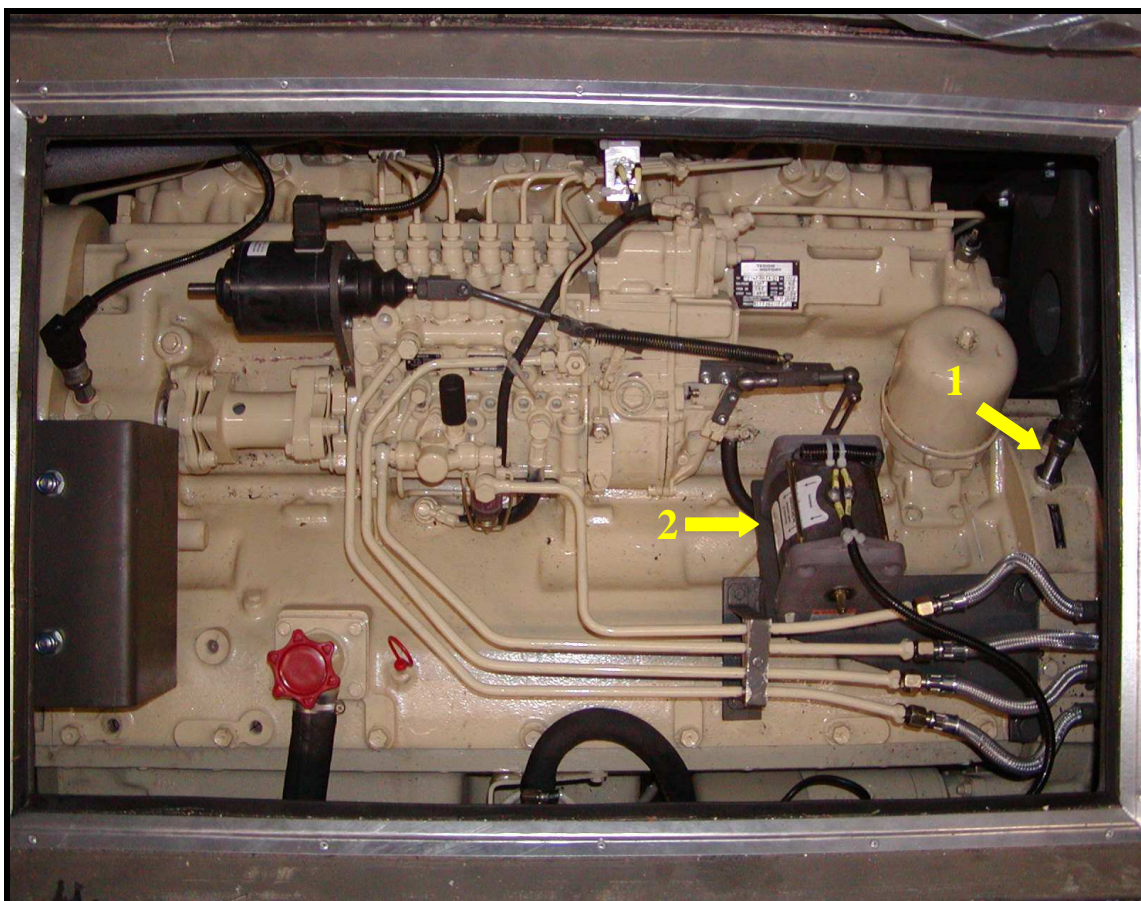


Obrázek 7. Ovládací pult strojvedoucího; 1-přepínač režimu ARR, 2-zadávací páka kontroléru [7]

2.2 Snímání otáček motoru

Základní veličinou v tomto systému řízení trakčního soustrojí jsou otáčky motoru, od jejichž hodnot se odvíjí následný zásah řídicí jednotky do regulace výkonu. Pro snímání otáček klikového hřídele spalovacího motoru Tedom je použit indukční snímač otáček IS 03, vyráběný společností Wikov MGI a.s. Hronov. Tyto indukční snímače řady IS slouží k snímání impulsů a jsou určeny především pro bezkontaktní měření otáček, dráhy nebo rychlosti v systémech elektronické regulace otáček dieselových motorů.

Senzor je tvořen kovovým pouzdrem, ve kterém je uložena cívka s jádrem a permanentním magnetem. Vnitřní prostor snímače je zalit epoxidovou pryskyřicí a tudíž tvoří jeden nerozebíratelný celek.

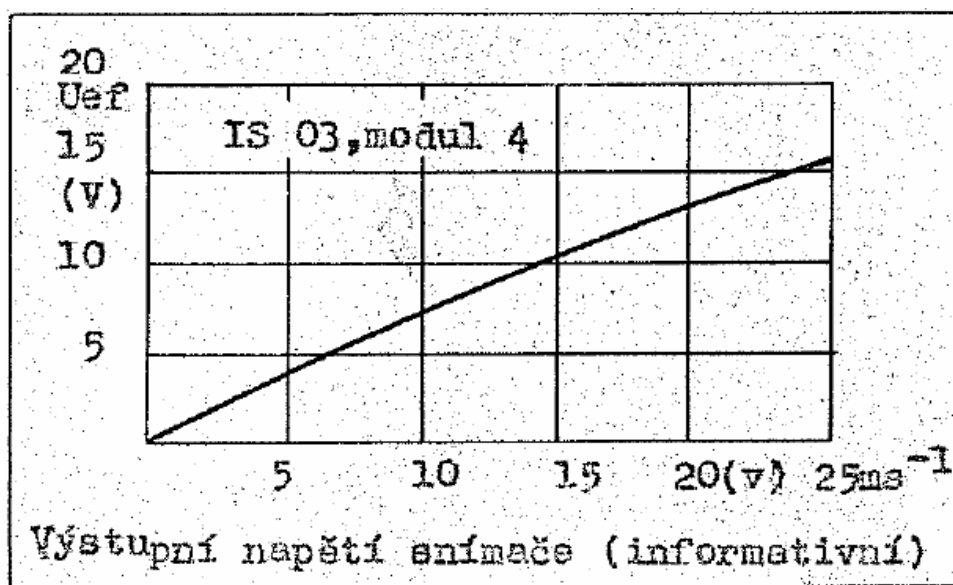


Obrázek 8. Motor Tedom v motorovém voze; 1-indukční snímač, 2-akční člen Woodward

Senzor je umístěn na klikové skřini motoru a snímá otáčky z věnce strvačnicku jenž je upevněn na klikovém hřídeli. Jeho umístění na klikové skřini musí být přizpůsobeno tak, aby zuby věnce procházely v blízkosti jádra sondy v požadované vzdálenosti 0,4 až 0,6 mm. Uchycení senzoru musí být dostatečně tuhé, aby vliv vibrací naftového motoru se neprojevoval negativně na funkci snímače. Při chodu motoru, otáčení klikového hřídele způsobuje střídání zubů a mezer a tím změny magnetického toku, které vyvolávají v cívce snímače indukci střídavého napětí, jehož amplituda se zvětšuje s rostoucí obvodovou rychlostí. Při větší vzdálenosti jádra snímače od ozubeného kola se amplituda zmenšuje. Výstupní signál ze snímače je přenášén elektrickou kabeláží do řídicí jednotky, kde je zpracován na požadovaný tvar. Převedený signál řídicí jednotka porovná s daty uloženými v paměti, vyhodnotí jej i s dalšími signály od snímaných veličin, které jsou do systému regulace chodu motoru zařazeny a podle požadavků strojvedoucího v manuálním režimu řízení nebo požadavků systému automatického režimu ARR vyšle signál akčnímu členu.

Tento akční člen převádí žádanou hodnotu z řídicího systému na polohu páky regulátoru vstřikovacího čerpadla. [8]

Akční člen Woodward nahradil původní ovládání vstřikovacího čerpadla spalovacího motoru lanovodem. Jedná se o akční člen elektronické regulace otáček, který převádí elektrický signál, v tomto případě proud o velikosti 4 až 20 mA, na mechanický rotační pohyb. Svým úhlovým pohybem ovládá páku regulátoru vstřikovacího čerpadla a tím i samotnou dodávku paliva. Se stoupající hodnotou elektrického signálu dochází k většímu natáčení páky regulační tyče ve směru větší dodávky paliva a naopak. V případě přerušení elektrického signálu je výstupní hřídel akčního členu tlačena předepjatými vnitřními vratnými pružinami do základní polohy tzv. nulové dodávky paliva.[9]



Obrázek 9. Indukční snímač IS 03, hodnoty výstupního napětí v závislosti na rychlosti [8]

Spolu s otáčkami snímá řídicí systém i jiné veličiny, které jsou důležité pro správný chod motoru, ale především kontroluje jejich mezní stavy. V případě překročení těchto mezních hodnot řídicí jednotka běh motoru zastaví odstavením dodávky paliva, a to prostřednictvím tzv. stop ventilu na vstřikovacím čerpadle.

Jedná se o tyto případy :

- Teplota vody v chladiči dlouho překročena
- Teplota vody v motoru překročena
- Nedostatečná hladina chladicí kapaliny
- Nedostatečný provozní tlak oleje
- Porucha hydrodynamické převodovky
- Překročeny maximální otáčky

3 Analýza možností záměny čidla

Při výběru vhodného snímače je potřeba zohlednit provozní podmínky, v kterých bude senzor pracovat, aby bylo dosaženo požadovaného výstupního signálu, spolehlivosti a odpovídající životnosti.

Sonda snímání otáček je zpravidla umístěna v bloku spalovacího motoru a snímá otáčky agregátu od setrvačnicku, který je připevněn na klikovém hřídeli. Poloha je pevně stanovena a odpadá potřeba jejího dodatečného nebo opakovaného nastavování. Z umístění snímače vyplívají požadavky, které musí splňovat pro svou bezporuchovou činnost, a to odolnost vůči teplotě, mechanickým nečistotám a vlhkosti. V neposlední řadě schopnost odolávat vůči vibracím způsobeným, samotným chodem motoru a nerovnostmi tratě. Mezi nejdůležitější podmínku patří výstupní signál snímače, který bude schopna řídicí jednotka motoru zpracovat.[2]

3.1 Požadavky na snímač otáček

Indukční snímač otáček je tvořen permanentním magnetem s pólovým nástavcem z feromagnetického materiálu, nejčastěji z měkké oceli. Na pólovém nástavci je navinuto vinutí snímače – cívka. Celý stator snímače je umístěn na určeném místě klikové skříně. Rotorem snímače bývá obvykle věnec setrvačnicku nebo řemenice klikové hřídele opatřená potřebnými výstupky. Je-li použito věnce setrvačnicku, bývá zpravidla v místech pro referenční značky vynechán jeden zub ozubení. Při otáčení klikového hřídele a s ním i věnce setrvačnicku se mění magnetický tok procházející pólovým nástavcem a ve vinutí snímače se indukuje napětí signálu. Čím větší otáčky motoru, tím větší výstupní napětí.[2,11]

Základními požadavky ovlivňujícími bezporuchovost indukčního senzoru otáček jsou :

- Krytí
- Odolnost proti vibracím

- Teplotní odolnost
- Napájecí napětí
- Frekvence snímání impulsů

Krytí je konstrukční opatření poskytující ochranu před dotykem s živými a pohybujícími se částmi a dosahuje se jím ochrana před poškozením vniknutím cizích předmětů, prachu, vody a plynů. Označuje se *IP* a dvěma čísly např. *IP 67*.

První číslo v rozsahu od *x0* do *x6* udává stupeň ochrany před dotykem nebezpečných částí a před vniknutím cizích pevných těles. Přičemž *IP 0x* označuje minimální stupeň ochrany nechráněno a číslo *IP 6x* maximální ochranu, zařízení je prachotěsné a je chráněno před dotykem drátem.

Druhé číslo v rozsahu *x0* až *x8* udává stupně ochrany proti vniknutí vody. Označení *IP x0* udává minimální ochranu(nechráněno) a *IP x8* ochranu maximální (trvalé ponoření).

Pro použití snímače otáček u kolejových vozidel, který je umístěn v motorovém prostoru a je vystaven již zmiňovaným vlivům, vyhovuje stupeň krytí *IP 67* což znamená, že zařízení je prachotěsné, je chráněno před dotykem drátem a proti dočasnému ponoření.[10]

Odolnost proti otřesům je vyjadřována v Hz a v tomto případě se jedná o schopnost odolávat vibracím způsobeným chodem spalovacího motoru a nerovnostem přenášeným samotným provozem prostředku. Musí odpovídat zkouškám dle ČSN EN 61373.

Teplotní odolnost vyjadřuje způsobilost senzoru odolávat okolním teplotním vlivům. Většina indukčních snímačů otáček, nabízených na trhu pro průmyslové využití nabízí odolnost při teplotách -30 °C až +70 °C. Toto teplotní rozmezí požadavkům provozu vyhovuje.

Napájecí napětí je rozsah ve kterém může snímač pracovat a je zaručena jeho spolehlivost. U stejnosměrných obvodů napájených z akumulátorů je stanovený rozsah napájecího napětí +30 % až -25 % z $U_j = 24 \text{ V}$ (jmenovité napětí) což činí v uvedeném případě 16,8 - 30 V. [dle normy: ČSN EN 50 155]

Frekvence snímání impulsů je schopnost sondy snímat počet impulsů referenční značky za jednu sekundu, z nichž se vyhodnotí otáčky motoru. V tomto případě tvoří referenční značku 156 zubů věnce setrvačníku. Při maximálních přeběhových otáčkách motoru 2200 min^{-1} , je požadovaná frekvence snímání otáček cca 5,8 kHz.

Požadovanou frekvenci jsem vypočítal dle následujícího vztahu :

Nejprve jsem převedl otáčky za minutu na otáčky za sekundu : $n = \frac{2200}{60} = 36,66 \text{ s}^{-1}$

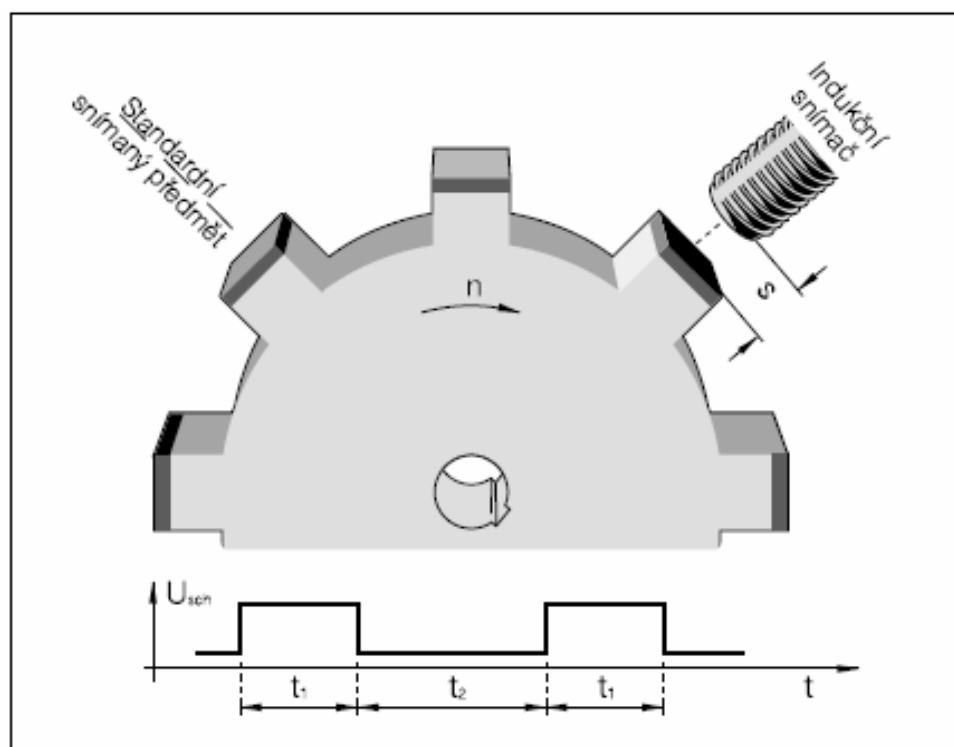
A hodnotu otáček za sekundu vynásobil počtem zubů (referenčních značek):

$$f = n \cdot z = 36,66 \cdot 156 = \underline{\underline{5720 \text{ Hz}}}$$

Dalším požadavkem, který však bezprostředně neovlivňuje spolehlivost snímače otáček je způsob jeho uchycení

Požadavkem společnosti Pars nova a.s., je využít k uchycení snímače otáček stávající způsob, aby případná výměna původního snímače za nový typ nepřekračovala dobu určenou pro výměnu dnes užívaného senzoru. Což klade důraz na jeho tvar, který by měl být válcový s vnějším závitem o maximální velikosti M 20 a stoupání závitu 1,5 pro jeho upevnění v bloku klikové skříně.

Do elektronické řídicí jednotky motoru jsou shromažďovány signály jednotlivých stavů motoru, tedy i od snímače otáček a popřípadě i od senzorů požadavků řidiče. Řídicí jednotka zpracovává tyto signály a následně na jejich základě vytváří řídicí signály pro akční členy. Způsob zpracování signálů ze snímačů v řídicí jednotce je závislý na druhu výstupního signálu snímače.

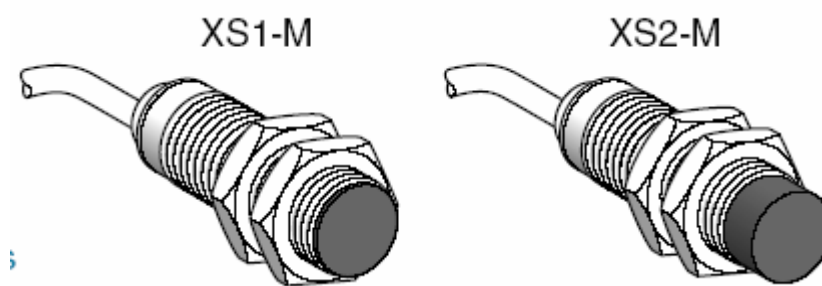


Obrázek 10. Požadovaný tvar výstupního signálu[11]

Indukční snímač otáček převádí fyzikální veličinu - otáčky motoru na elektrický signál. Se zvyšujícími se otáčkami stoupá i hodnota výstupního napětí a naopak. Velikost signálu je závislá na vzdálenosti snímaného předmětu od snímače, tuto vzdálenost výrobce senzorů stanoví. Výstupní signál senzoru otáček je analogový. Jelikož řídicí jednotka motoru je vlastně ve své podstatě počítač (číslicové zařízení), zpracovává tedy pouze hodnoty vstupních signálů v číslicové (digitální) podobě. Tyto signály mají dvě úrovně napětí. Vysoká hodnota představuje tzv. logickou jedničku, nízká úroveň logickou nulu. Když se číslicový signál mění, nabývá pouze hodnot 1 a 0. Aby mohli tyto dva členy řízení motoru spolu komunikovat, je nutné výstupní signál ze senzoru otáček vhodně upravit. Signál se v korekčním obvodu zesílí a převede na obdélníkový (číslicový) tvar buď přímo v samotném snímači na výstupu nebo až v elektronické části regulačního systému. Záleží zda se jedná o snímač aktivní či pasivní.[2,11]

3.2 Průzkum trhu

Jako prvního potencionálního dodavatele náhrady stávajícího snímače otáček jsem oslovil firmu Schneider Electric CZ s.r.o., s jejichž výrobky ohledně kvality a spolehlivosti má společnost Pars nova a.s. dobré zkušenosti. Jednotlivé požadavky na technické parametry indukčního snímače otáček jsem konzultoval s oddělením technické podpory firmy. Technik jmenovaného oddělení mi nabídl indukční snímače řady XS1-M/XS2-M, které splňovaly kladené funkční požadavky s výjimkou potřebné frekvence snímání impulsů referenční značky. Jejich hodnota dosahovala maximálně 2000 Hz.



Obrázek 11. Indukční snímače XS1-M, XS2-M[13]

Prostřednictvím internetové sítě jsem vyhledal další firmy zabývající se výrobou nebo distribucí snímačů s využitím ve strojírenském průmyslu a v dopravě. Ze subjektů vyhledaných na internetu jsem jako další oslovil firmu Baluff CZ s.r.o. jejíž předmětem činnosti je prodej automatizační techniky. Po konzultaci s technickým poradcem, kterému jsem sdělil požadované parametry na indukční snímač otáček byl výsledek obdobný jak u předešlé firmy. Technik společnosti mi elektronickou poštou sdělil, že požadovaný produkt s potřebnou frekvencí u jejich dodavatelů není dostupný, maximální možná frekvence u nabízených snímačů činí 5000 Hz. Z tohoto důvodu mi konkrétní typ snímače nebyl nabídnut. Všechny ostatní technické parametry nabízené snímače splňovali.



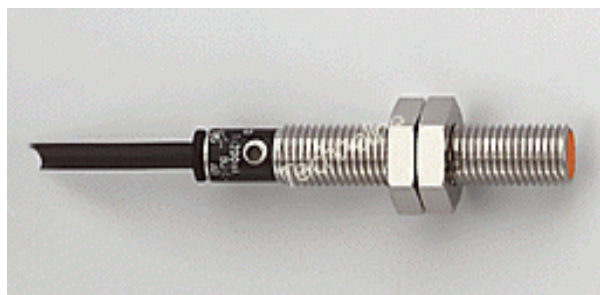
Obrázek 12. Indukční snímače PRX 102[14]

	PRX102-8N	PRX102-12N	PRX102-18N
Velikost	M 8	M 12	M 18
Rozsah napětí	10 - 30 V	10 - 30 V	10 - 30 V
Frekvenční rozsah	5 kHz	2 kHz	0,5 kHz

Tab.1. Indukční snímače řady PRX 102[14]

Následující firma jež jsem kontaktoval byla na internetu prezentována na adrese www.omegaeng.cz , obchodním jménem Newport Electronics s r.o. . Technický poradce mi, po seznámení s požadavky na technické parametry, nabídl indukční snímač PRX 102 válcového tvaru o průměru 8, 12 a 18 mm s maximální frekvencí snímání 5000 Hz u nejmenšího rozměru. Dále indukční snímač E57-08GS01-CDB s maximální frekvencí snímání 2000 Hz. A snímače řady E59-M12C110C02-D1 jejichž maximální frekvence snímání je 580 Hz. Zbylé požadavky pro spolehlivou funkci indukčních snímačů byli splněny, včetně válcového tvaru a velikosti pro snadnou montáž.

Se stejným výsledkem jsem pořídil i u dalšího osloveného distributora firem Omron, IFM a Festo, zabývajících výrobou tohoto sortimentu, společností Technoline s.r.o. Požadované parametry indukční snímače splňují, až na hodnoty maximální frekvence snímání referenčních bodů.



Obrázek 13. Indukční snímače Festo SIEN-M12B-PS-K-L, IFM IE5222[15]

INDUKČNÍ SNÍMAČE OTÁČEK		
FESTO SIEN-M12B-PS-K-L		IFM IE5222
Velikost	M 12	M 8
Spínací vzdálenost	2 mm	1 mm
Rozsah napětí	10 - 30 V	5 -36 V
Stupeň krytí	IP 65, IP 67	IP 67
Pracovní teplota	- 25°C.. + 70°C	- 25°C.. + 80°C
Frekvenční rozsah	2000 Hz	2000 Hz

Tab. 2. Indukční snímače Festo SIEN-M12B-PS-K-L a IFM IE5222[15]

Největším problémem je tedy potřebná frekvence snímání impulsů referenční značky za jednu sekundu. U většiny dnešních spalovacích motorů se používá buď dvou samostatných snímačů, kdy jeden snímá referenční značku pro řídicí elektroniku a druhý snímá polohu klikového hřídele, nebo se používá jediného snímače. Ten snímá kromě polohy horní úvratí prvního válce jako referenční značky i ostatní polohy klikového hřídele, ať po malých úhlech nebo vybrané polohy odpovídající horním úvratím ostatních válců.

V případě aplikace tohoto způsobu snímání otáček na šestiválcových motorech Tedom, by při maximálních přeběhových otáčkách 2200 ot/min. činila frekvence snímání 220 Hz. Jak je už ale uvedeno v požadavcích na frekvenci snímání otáček motorů Tedom, jsou tyto otáčky snímány ze 156 zubů věnce setrvačníku a při již zmíněných maximálních přeběhových otáčkách 2200 ot/min. činí frekvence téměř 6000 Hz. Přitom

maximální frekvence trhem běžně nabízených indukčních snímačů otáček se pohybuje mezi 2000 – 5000 Hz.

Jedinými firmami, které vyhověli požadavkům frekvence snímaných impulsů za sekundu byli, fa Lenord+Bauer s řadou snímačů GEL 247 určených pro přírubovou montáž, jehož technická data jsou uvedena v následující tabulce.

Technická data	GEL 247
Spínací vzdálenost	1,5 mm
Frekvenční rozsah	0...25 kHz
Pracovní teplota	-40 ...+120°C
Stupeň krytí	IP 68
Napájecí napětí	10 V...30 V
Výstupní signál	obdélníkový 10 V..30 V
Aplikace	na kryt motoru, přev., železnice

Tab.3. Technické parametry čidla[16]

A společnost Kotlín s indukčním snímačem otáček KSM 020-U-OK27.

KSM 020-U-OK27	
Velikost	M 20 ×1,5
Spínací vzdálenost	0,4 – 0,6 mm
Rozsah napětí	10 - 30V
Stupeň krytí	IP 67
Pracovní teplota	- 25°C.. + 85°C
Frekvenční rozsah	6000 Hz

Tab.4. Indukční snímač KSM 020-U-OK27[17]

3.3 Možnosti náhrady čidla snímání otáček

Jednou z alternativ pro uvedené typy indukčních snímačů je úprava setrvačníku.

Ovšem z technického hlediska je tato možnost nejméně schůdná a pro firmu Pars nova a.s., která je zadavatelem této práce neakceptovatelná. Neboť na vozech, jež jsou v provozu by to znamenalo dlouhou dobu v neprovozuschopném stavu. Samotné úpravě setrvačníku by předcházela časově a profesně náročná demontáž motoru z vozu, ke které je potřeba specializované pracoviště s odpovídajícím strojním vybavením. Z motoru vně vozu by následovala demontáž setrvačníku. Tento setrvačnick by se musel nejpravděpodobněji dodavatelsky, jinou firmou nechat upravit. Nejvhodnější a dnes zcela běžně používaná referenční značka na věnci setrvačníku je vynechání zubu na ozubení. V tomto případě by se jednalo o odstranění zubu, pravděpodobně frézováním. Po provedení této operace je bezpodmínečně nutné provést vyvážení setrvačníku, aby nedocházelo k jeho vibracím. Vyvážení se provádí odvrátáním materiálu ze setrvačníku. Dokončením samotné úpravy ještě stále není samotná oprava u konce, neboť následuje zpětná montáž setrvačníku do motoru a jej do vozu. Celková doba této úpravy a její náročnost by se jistě promítla i v samotné ceně, což je pro potencionálního zákazníka významné hledisko.

Jako další řešení se nabízí úprava motorového bloku v místě uchycení snímače otáček.

Pro senzor nabízený firmou Lenord+Bauer, který nemá typický válcový tvar (viz obrázek 14), ale hodnoty pro frekvenci snímání impulsů splňuje i s ostatními požadavky na spolehlivou funkci.

Jde o již zmiňovaný snímač otáček GEL 247 určený pro přírubovou montáž. Ale ani tuhle možnost nepovažuje zadavatel práce za nejvhodnější, neboť výměna původního senzoru za tento navrhovaný typ, by si vyžádala určitou časovou rezervu na úpravu příruby. Samotná úprava by obsahovala vyvrtání dvou otvorů s roztečí shodnou s roztečí na snímači a vyřezání závitů velikosti M6. Výměna stávajícího snímače otáček za nový

typ, by neměla přesáhnout standartní dobu potřebnou pro výměnu poškozeného senzoru za funkční stejné značky.



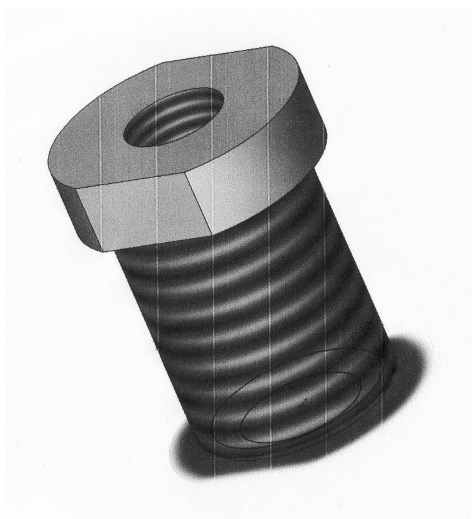
Obrázek 14. Snímač GEL 247[16]

Nejvhodnější a nejjednodušší variantou náhrady stávajícího snímače otáček, je jeho výměna za senzor z konstrukčního hlediska co možná nejvíc shodný.

A to z důvodu využití stávajícího uchycení sondy na bloku motoru. Což znamená zjistit vhodného výrobce popřípadě dodavatele snímače otáček, který bude splňovat požadované technické parametry a jehož konstrukce bude válcového tvaru s vnějším závitem do velikosti M 20×1,5. V případě menšího průměru senzoru oproti původnímu nebo rozdílného stoupání závitu oproti již závitu vyřezanému v bloku skříně setrvačníku můžeme snímač uchytit prostřednictvím tzv. redukce.

Jelikož by se jednalo o množství pouze několika desítek kusů, je v možnostech firmy Pars nova a.s. vyrobit tyto redukce vnitropodnikově ve vlastní nástrojárně. Materiál pro výrobu bych zvolil ocelovou tyč kruhovou válcovanou za tepla třídy 11 600 s přesností A(normální), vhodnou k obrábění, o průměru $d = 25$ mm. Redukce by měla vnější závit o rozměru M 20×1,5 jenž je totožný s velikostí a stoupáním závitu původního snímače a vnitřní dle závitu použitého náhradního snímače, například M 12×1. Tloušťka přechodky by se shodovala se silou bloku motoru v místě montáže senzoru plus hlava redukce potřebná k dostatečně pevnému dotažení na skříně setrvačníku. Na hlavě přechodky by byli

vyfrézovány dvě protilehlé plochy s roztečí 22 mm pro nasazení plochého stranového klíče stejného rozměru.

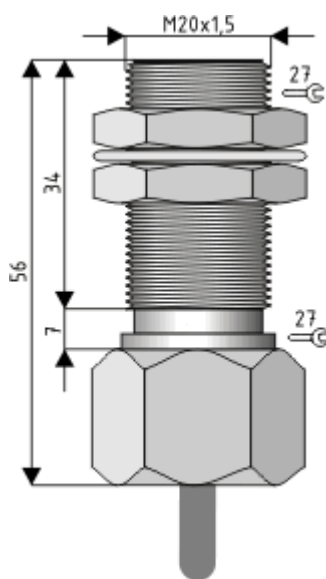


Obrázek 15. navržená závitová přechodka

Požadavkům poslední a nejjednodušší varianty odpovídá indukční snímač otáček KSM 020-U-OK27 vyráběný firmou Kotlín. Jeho technické parametry vyhovují nárokům kladeným na spolehlivou funkci v provozu. Nedostatkem této alternativy je, že výrobce nemá své výrobky schválené podle norem žádaných Drážním správním úřadem, který všechny zásahy prováděné na kolejových vozech musí schválit.

4 Výběr čidla a návrh jeho zástavby do spalovacího prostoru

Jako náhradu stávajícího snímače otáček IS 03 jsem zvolil, výrobek firmy Kotlín, magneticko – indukční snímač pro snímání ozubených kol KSM 020-U-OK27. Vybraný snímač splňuje svými technickými parametry požadovaná kritéria k dosažení stanovené spolehlivosti (viz tab. 4). Jediným nedostatkem tohoto zvoleného řešení je absence splněných norem pro schválení Drážním správním úřadem, který rozhoduje o povolení změn na vozech v železniční dopravě. V případě bezproblémového odzkoušení nového snímače v reálném provozu a ochoty výrobce dodávat tento snímač pro železniční vozy rekonstruované firmou Pars nova a.s., by musel dodavatel nechat své výrobky otestovat ke splnění norem, jež požaduje Drážní správní úřad a které opravňují k použití v provozu kolejové dopravy.



Obrázek 16. Indukční snímač KSM 020-U-OK27[17]

Indukční snímač slouží pro vyhodnocování přítomnosti kovového materiálu. Snímač lze použít jako bezdotykový koncový spínač na strojích, automatických linkách apod. Je možné ho použít v prostředí prašném i venkovním v rozmezí teplot -25 °C až +85°C. Stupeň ochrany krytím dle normy ČSN EN 60529 je IP 67. Snímač je určen pro

zapojení do stejnosměrných obvodů s rozsahem napájecího napětí 10-30V (u vybraných typů 10-60V), nebo obvodů střídavých v rozsazích 22-250V nebo 180-250V.

Popis snímače

Magneticko-indukční snímač řady K SM020-U-OK27 slouží jako snímače impulsů a jsou určeny pro bezkontaktní měření otáček a rychlosti zvláště v oblasti elektronické regulace otáček naftových motorů.

Snímač je tvořen mosazným pouzdrem, ve kterém je uložena cívka s jádrem a permanentním magnetem. Vývody cívky jsou připojeny podle provedení na kabel nebo konektor. Vnitřní prostor snímače je zalit a snímač proto tvoří nerozebíratelný celek. Při umístění snímače k ozubenému kolu z feromagnetického materiálu tak, aby zuby kola procházely v blízkosti jádra snímače, způsobuje střídání zubů a mezer změny magnetického toku, které způsobují, že v cívce snímače se indukuje napětí, jehož amplituda se zvětšuje s rostoucí obvodovou rychlostí a velikostí zubů kola a snižuje s rostoucí vzdáleností snímače od ozubeného kola. Kmitočet střídavého napětí je přímo úměrný otáčkám ozubeného kola.

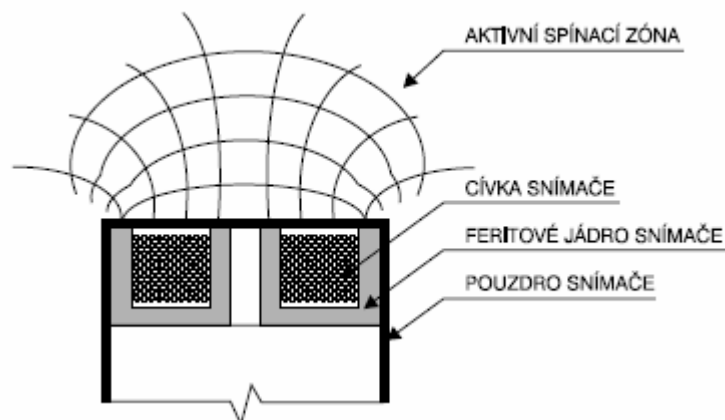
Instalace snímače

Snímač je nutné montovat k ozubenému kolu u kterého je vliv torzních vibrací motoru nejmenší tj. pokud možno k ozubenému věnci setrvačníku nebo k ozubenému kolu, které se nachází co nejbližše setrvačníku. Uchycení snímače musí být dostatečně pevné, aby vliv vibrací naftového motoru se neprojevil negativně na funkci snímače.

Vzdálenost snímače od ozubeného kola má být v rozmezí 0,4 až 0,6 mm, nastavuje se pomocí spárových měrek. Po mechanickém nastavení snímače doporučujeme provést kontrolu výstupního napětí snímače střídavým voltmetrem, který má vstupní odpor větší než 10 kohm. Při minimálních otáčkách motoru má být výstupní napětí snímače alespoň 2 V. V případě, že výstupní napětí snímače je nižší je možné ho zvětšit přiblížením snímače k ozubenému kolu až na hodnotu 0,2 mm.

Skladování snímače

Snímač skladujeme v suchých místnostech chráněných proti povětrnostním vlivům a proti působení agresivních kapalin nebo plynů.



Obrázek 17. Schéma snímače KSM 020-U-OK27[17]

K zvolení tohoto indukčního snímače otáček významnou měrou přispěla schopnost snímat relativně vysokou frekvenci snímání referenční značky, kterou většina ostatních trhem nabízených snímačů nesplňovala.

Další předností senzoru KSM 020-U-OK27 je jeho tvar a velikost, vhodná k zabudování na místo předešlého snímače a to klikové skříně motoru. Válcový tvar snímače opatřený vnějším závitem o velikosti $M\ 20 \times 1,5$ je shodný s rozměrem stávajícího senzoru IS 03. Volbou snímače totožného rozměru odpadají dodatečné úpravy pro jeho upevnění do bloku klikové skříně motoru a doba potřebná k výměně poškozeného nebo vadného senzoru za nový, je v porovnání s ostatními variantami záměny snímače a následnými úpravami nejkratší. Poloha a uchycení snímače je zakreslena v přiloženém výkresu, příloha 1.

5 Provozně technické hodnocení návrhu

Navrhovaný indukční snímač otáček KSM 020-U-OK27 mi oddělení konstrukce elektro umožnilo odzkoušet v reálném provozu. Nechal jsem jej namontovat do vozu a po vzájemné dohodě na termínu odzkoušení, jsme snímač otáček vyzkoušeli v různých režimech chodu motoru. Průběh výstupního signálu jsme měřili Osciloskopem značky Fluke 96 no: DM6460505, který zaznamenával hodnoty výstupního napětí U (V) uvedené na ose x v závislosti na čase t (μs), osa y . Přístrojem vyhodnocenou frekvenci snímání referenční značky jsem převedl na otáčky motoru podle vztahu :

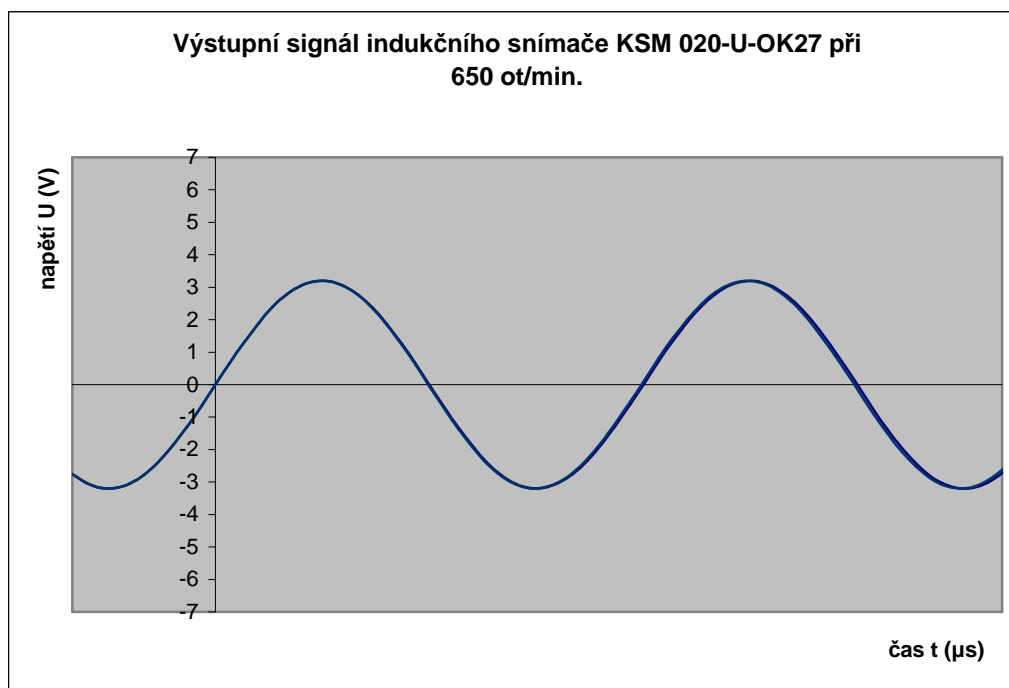
$$n = \frac{f}{z} \cdot 60$$

n – otáčky motoru (ot/min)

f – frekvence (Hz)

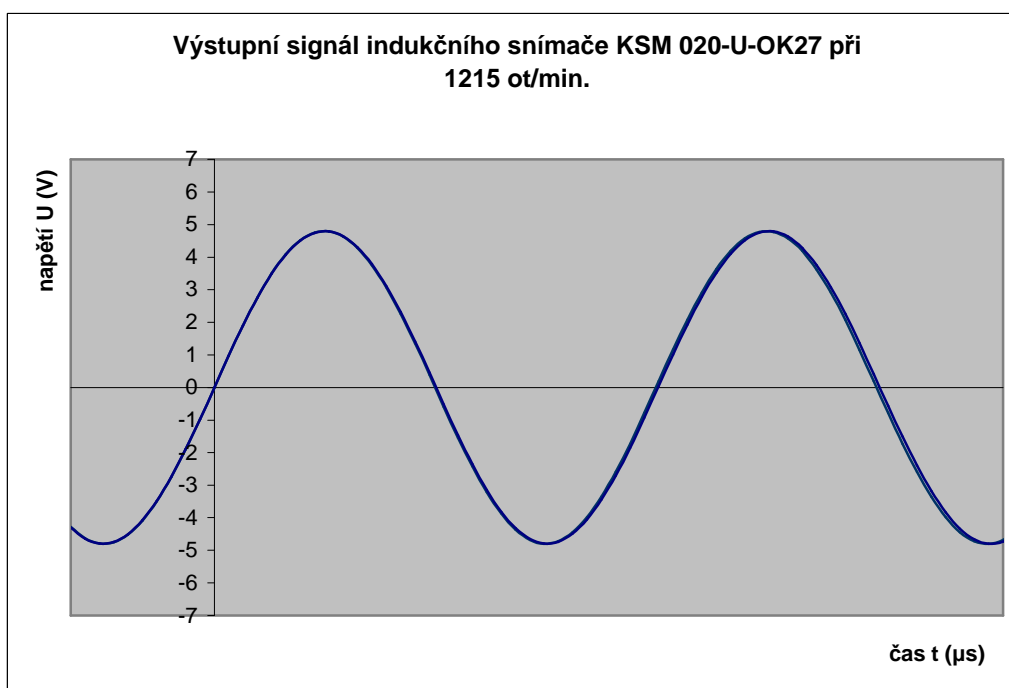
z – počet zubů věnce setrvačníku

Naměřené hodnoty frekvence snímání zubů věnce setrvačníku byli 1,68 kHz, 3,16 kHz a 4,6 kHz. Při přepočtu podle uvedeného vztahu jsou hodnoty otáček motoru při frekvenci 1,68 kHz 650 ot/min., při frekvenci 3,16 kHz 1215 ot/min. a při frekvenci 4,6 kHz 1769 ot/min. Z uvedených grafů, znázorňujících průběh výstupního napětí je patrné, že s rostoucími otáčkami motoru se zvětšuje i amplituda střídavého napětí. Obdobně jak u původního snímače otáček IS 03.

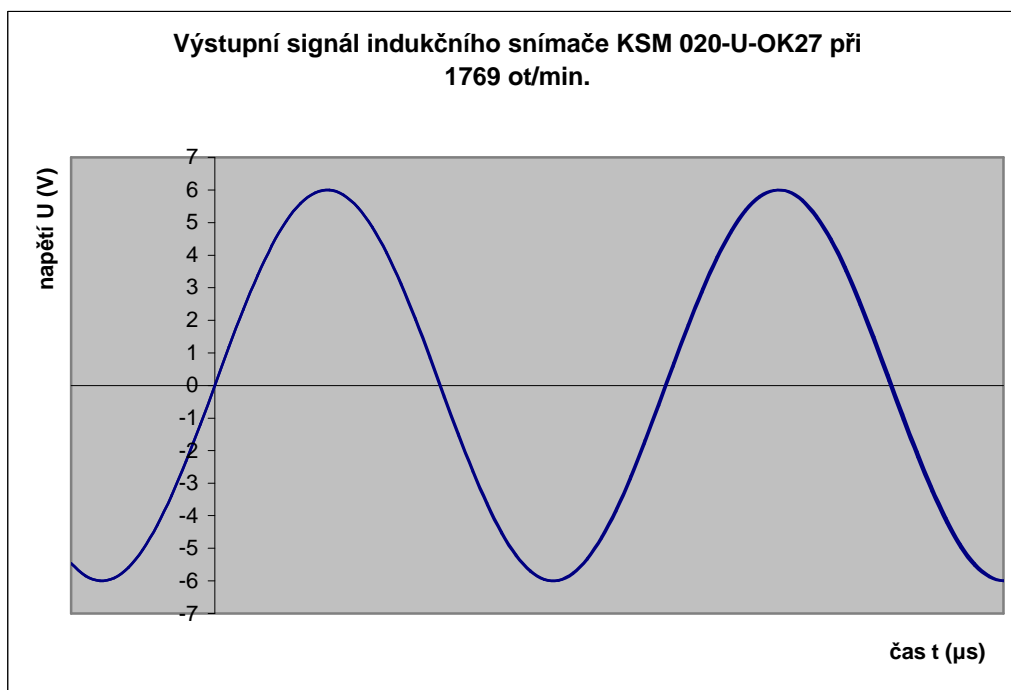


Obrázek 18. Průběh výstupního napětí při 650 ot/min.

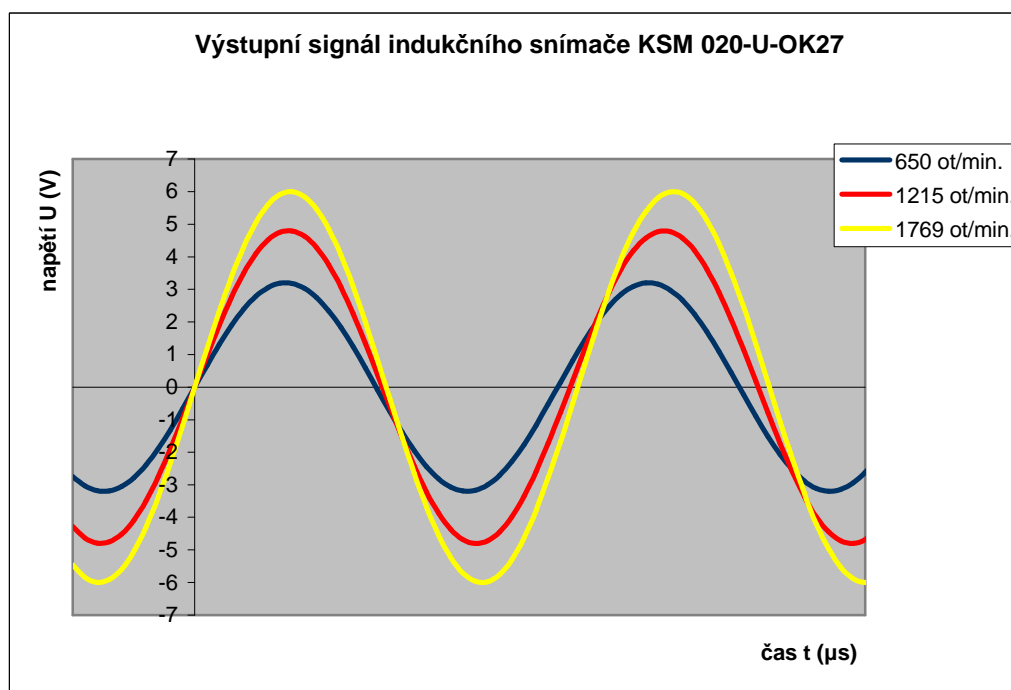
Průběhy výstupního napětí v závislosti na dosažených otáčkách motoru jsem znázornil pomocí grafů v programu Microsoft Excel.



Obrázek 19. Průběh výstupního napětí při 1215 ot/min.



Obrázek 20. Průběh výstupního napětí při 1769 ot/min.

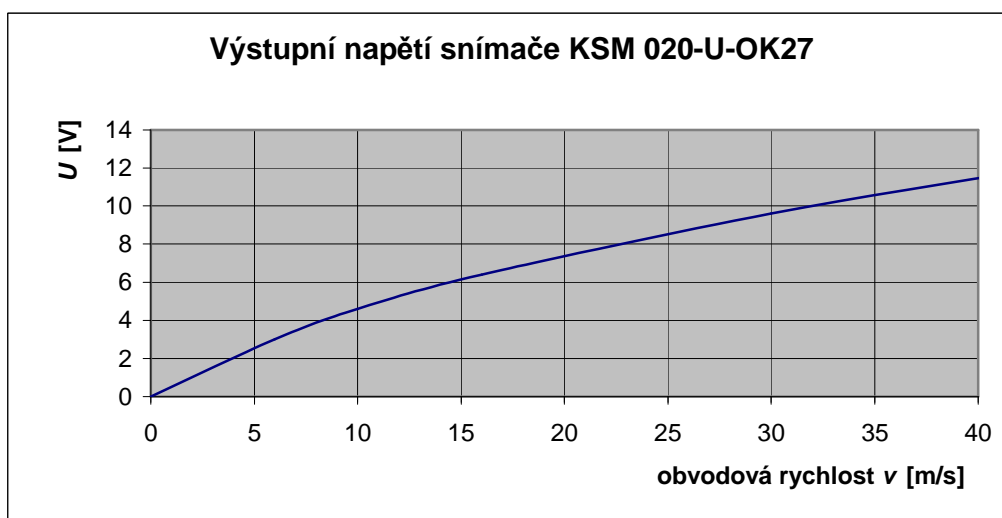


Obrázek 21. Porovnání výstupních napětí při více režimech chodu motoru

Při porovnání charakteristik výstupního napětí U v závislosti na obvodové rychlosti v věnce setrvačníku, u původního snímače IS 03 (obr.9) a navrhované náhrady

KSM 020-U-OK27 (obr.23) jsou křivky průběhů výstupního napětí srovnatelné, pouze napětí snímače IS 03 dosahuje vyšších hodnot. Výstupní napětí snímače je však možné zvětšit jeho přiblížením k ozubenému kolu až na hodnotu 0,2 mm.

Při zkušebním provozu snímače KSM 020-U-OK27 na spalovacím motoru Tedom se tento rozdíl výstupního napětí na měřených otáčkách a samotném řízení dodávky paliva neprojevil.



Obrázek 22. Indukční snímač KSM 020-U-OK27, hodnoty výstupního napětí v závislosti na rychlosti

6 Závěr

Podle naměřených hodnot jsem dospěl k závěru, že indukční snímač otáček KSM 020-U-OK27 vyhověl při zkouškách v reálném provozu, v celém rozsahu stanovených otáček motoru a tudíž je schopen plnohodnotně nahradit stávající snímač IS 03.

Při porovnání snímačů z ekonomického hlediska, je snímač KSM 020-U-OK27 s prodejní cenou 1500,- Kč levnější, oproti ceně 5000,- Kč za snímač IS 03.

Je na rozhodnutí firmy Pars nova a.s., zda využije výsledků této práce a na firmě Kotlín, zda v případě zájmu odběratele, provede potřebné kroky ke splnění požadavků Drážního správního úřadu a svůj výrobek nechá projít tzv. Prohlášením o shodě, v němž se výrobce zavazuje, že daný výrobek splňuje platné normy stanovené uvedeným úřadem.

Seznam použité literatury

- [1] Pars nova a.s. Šumperk, Spalovací motor Tedom, firemní literatura, 13 s.
- [2] Ferenc, B.: Spalovací motory. První vydání, Praha: Computer Press Brno 2006, 388 s., ISBN 80-251-0207-6.
- [3] Jan, Z., Žďánský, B.: Automobily 3 – Motory. První vydání, Praha: Avid 2007, 164 s., ISBN 97-880-903671-73.
- [4] Pars nova a.s. Šumperk, Řadové vstřikovací čerpadlo, firemní literatura, 27 s.
- [5] Müller, J., Famfulík, J., Paleček, J.: Mobilní prostředky a trakční zařízení - 2.díl. Doplněné vydání, Ostrava: skriptum VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní 2002, 127 s., ISBN 80-248-0054-3.
- [6] <http://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/001758-Ridici-vozy-na-nasich-kolejich-rada-914.asp>, [8.2. 2009]
- [7] Pars nova a.s. Šumperk, Návod na obsluhu řídicího systému Intelo plus 139, firemní literatura 1 s.
- [8] Pars nova a.s. Šumperk, Indukční snímač IS 03, firemní literatura, 5 s.
- [9] Pars nova: Woodward, firemní literatura, 4 s.
- [10] http://www.salzer.cz/download/druhy_kryti.pdf, [8.11. 2008]
- [11] <http://www.spszl.cz/modules/wfdwnloads/viewcat.php?cid=5>
- [12] Ing. Motyka Vladan. Osobní sdělení, Pars nova a.s. Šumperk [cit. 8.11. 2008]
- [13] http://www.schneider-electric.cz/index.phtml?url=hledani&where=all&to_search=XS1-M&x=0&y=0, [4.12. 2008]
- [14] <http://www.omega.com/Pressure/pdf/PRX102>. [4.12. 2008]
- [15] <http://www.technoline.cz/vyhledani.html>, [7.12. 2008]
- [16] <http://www.medelektronik.cz/katalog/zbozi/53-gel-247/>, [6.2. 2009]
- [17] <http://www.kotlin.cz/#>, [15.2. 2009]